

# 熱間押出しにおける加工材の表面あらさの生成過程

## —ベアリング面のあらさと長さの影響—

室谷 和雄・時沢 貢

### 緒 言

アルミニウム合金鋳塊の熱間押出し加工において、近年アルミニウム型材の急激な需要にともない押出用プレス機械の増設および大型化されたことは周知の事実である。そこで、技術者達は品質と生産能率を向上させるため、限定された押出機容量で加工速度をもっと向上させ増産することは大きな願いであったが、それでは製品に種々の欠陥が生じるので、これ以上の進展を期待することは困難である。その主な欠陥は工具と材料面間の摩擦作用によるものが多く、たとえば“むしれ”による形状不良<sup>1)~3)</sup>加工表面の結晶粒の粗大化による材質不良<sup>4)</sup>などの支配する因子が多い。そのため塑性加工における潤滑の目的は、加工力の低減、焼付きと工具摩耗の防止で製品の表面性状の改善にあるが、アルミニウム合金は鋼の押出しに比較して加工温度が低いので、ガラス皮膜に相当する潤滑効果は期待できない。したがって、従来のような潤滑作用の悪い条件で加工される材料の表面形成は、工具面上で素材が巨視的塑性変形するとき、摩擦すべりにともなって工具面によって修正された痕跡面であると考えられてきた。ところが、今迄このような摩擦機構の詳細に着目した研究は常温加工では数多く<sup>5)</sup>見られるが、熱間加工では実験手法に難点があり、ほとんど研究されていなく著者ら<sup>6)7)</sup>による研究があるのみと思われる。

そこで、本研究は試作した分割ダイスを用いてアルミサッシ用6063合金の熱間押出しを行い、加工材がダイベアリング面を通して押出される過程を加工材とダイベアリングの長さおよび仕上条件、加工温度の変化によって、押出された加工材の表面形成に作用する機構を直接観察し、摩擦の影響が少なく滑めらかな加工材の得られる条件を検討した。

### 1. 実験方法

図1は熱間焼入工具鋼で作製し、加工後分割できるように工夫した組立式押出用ダイである。ダイスは90°のフラットダイ④④'でビレット③をポンチ①、押板②にて任意の長さに押出した後、受板⑦をはずしコンテナ⑥からビレット③を包

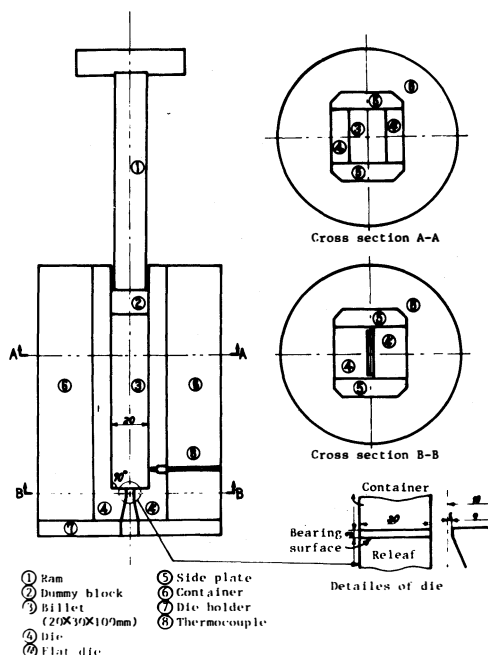


図1 熱間押出用分割ダイス

囲しているダイ④④と側板⑤をセットにして押出し、分割すれば、押出材とベアリング面を分離してそれぞれの面が観察できる。押出用ピレットは機械加工によって $20 \times 30 \text{ mm}$ の角形で長さ $100 \text{ mm}$ とし、押出比12で $2 \text{ mm}$ 厚さで $26 \text{ mm}$ 幅の板材が押出される。押出方法はピレットを挿入して組立てた後、⑧の穴に温度測定用熱電対を入れ検温しながら加熱し、加工温度は約 $20^\circ\text{C}$ 過熱した状態で直ちに30トンアムスラー型万能材料試験機に移して再び検温しながら $1.4 \pm 0.1 \text{ mm/sec}$ で押出した。また、加工温度は実情に適應する $450^\circ\text{C}$ と $500^\circ\text{C}$ の2種類を選び、無潤滑で押出した。

表1はダイベアリング部の仕上条件である。バフ研磨面は $R_{\text{max}} 0.1 \mu\text{m}$ 以下の鏡面であり、押出し方向に垂直および平行に研削加工した表面は中心線平均あらさでそれぞれ $R_a$ 約 $0.6 \mu\text{m}$ と $R_a$ 約 $1.6 \mu\text{m}$ の異った2種類のベアリングあらさ面とした。

押出用ピレットの詳細は表2に示した。試料は均質化処理を施した粒状晶組織からなる6063合金である。押出加工後、ベアリング面および加工材の表面の観察は光学顕微鏡と拡大写真により、また、あらさの測定はTalysurf Model 3を使用した。

## 2. 実験結果およびその検討

### 2-1 加工材の表面あらさ

図2は、押出し加工材の長さが $500 \text{ mm}$ に達するまでの表面あらさの変化を測定した結果である。加工前のベアリング面が加工材の表面あらさに及ぼす影響は、いずれの仕上げ条件によっても加工材は $400 \text{ mm}$ 付近で一定のあらさ面となる。平行研削面やバフ研磨面では、押出し開始後 $100 \sim 200 \text{ mm}$ 長さであらくなり、以後、平行研削面ではそのままほぼ一定となるが、バフ研磨面では序々になめらかになって飽和する。一方、垂直研削面では、加工前のベアリング面にほとんど関係なく $400 \text{ mm}$ 長さ付近でもっともなめらかな加工材の表面が得られる。また、バフ研磨面で調べた加工温度の影響については、 $500^\circ\text{C}$ 押出しよりも $450^\circ\text{C}$ 押出しが最もなめらかな加工材表面となるが、この理由については以下のあらさ面の生成機構から明らかにする。

### 2-2 ダイベアリング面の観察

図3と図4は加工材の押出し長さ $500 \text{ mm}$ 付近における加工材の表面とダイベアリング面を対

表1 ダイベアリング部の仕上条件と押出温度

Method of finishing	Buffing		Grinding		Grinding	
Roughness $R_a (\mu\text{m})$	$R_{\text{max}} 0.1$ ( $R_a 0.025$ )		0.5~0.75		1.5~1.75	
Grinding direction to the extrusion direction			Vertical	Parallel	Vertical	Parallel
Temperature ( $^\circ\text{C}$ )	450	500	450	450	450	450

$R_{\text{max}}$ ; Maximum roughness,  $R_a$ ; Center-line average roughness

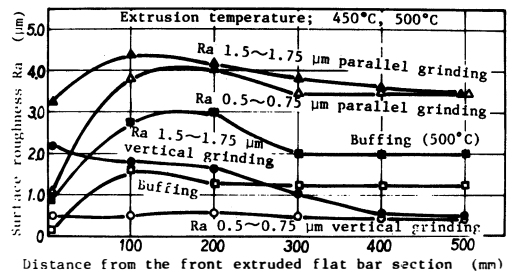


図2 熱間押出過程における加工材の表面あらさに及ぼすダイベアリングの仕上条件の影響

表2 供 試 料

Material	Chemical composition					Heat-treatment	Grain size (mm)	Roughness ( $\mu\text{m}$ )	Billet size (mm)
	Mg	Si	Fe	Ti	Al				
6063 Alloy	0.52	0.37	0.16	0.01	Tr	Air cooling after heated $550^\circ\text{C}$ , 5 hrs.	1~2	< 0.1	20X30X100

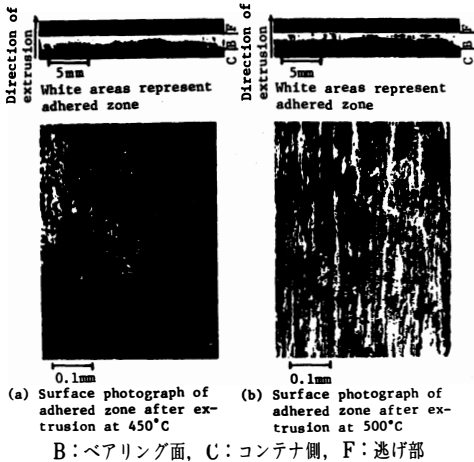
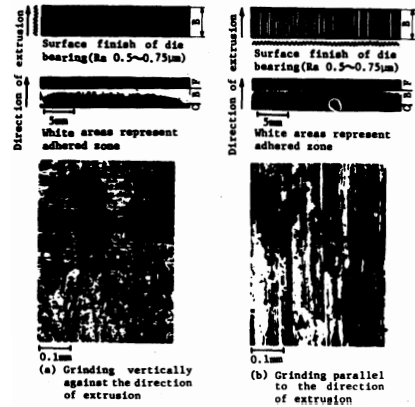


図3 バフ研磨したダイベアリング面の押出加工による変化



B: ベアリング面, C: コンテナ側, F: 逃げ部

図4 研削加工したベアリング面の450°C押出加工による変化

応じて観察した結果である。写真中の白色部はビレット材料がベアリング面に付着した状態で、黒色部は付着していないベアリング面の地肌を示している。バフ研磨面で押出した図3(a)の450°C押出しでは、ビレット材料がベアリング面の逃げ部付近に白色で無数の斑点状の付着物からなる領域があるが、図3(b)の500°C押出しでは、押出し方向に伸びた線状付着となり、その谷間である黒色の工具面地肌も認められる。

また、図4の研削加工したベアリング面を垂直研削面と平行研削面で比較すれば、垂直の場合は押出し方向に対して凹凸となるくぼみ部を埋め込んだ白色で無数の不規則な付着物からなる領域が見られる。また、平行研削面の場合は押し出方向に平行な凹凸に無関係で研削方向に伸びた帯状の付着物が見られ、図4(b)に示した低倍率写真の上段でも明らかになように鋸刃形に連続付着しているのがわかり、さきの図3(b)500°Cバフ研磨押出しと類似している。

## 2-3 ダイベアリング面と加工材の表面記録

図5は、さきの図3と図4で示した観察写真をさらに立体的に記録したベアリング面と加工材の表面である。同じ押出し条件であればベアリング面と加工材表面はよく対応した同一傾向のあらさ面となる。なめらかな加工材を得るにはなめらかに付着したベアリング面が最適であり、これに依存していることがわかる。450°C押出しをした加工材の表面あらさは垂直研削が最も優れており、つづいてバフ研磨、平行研削の

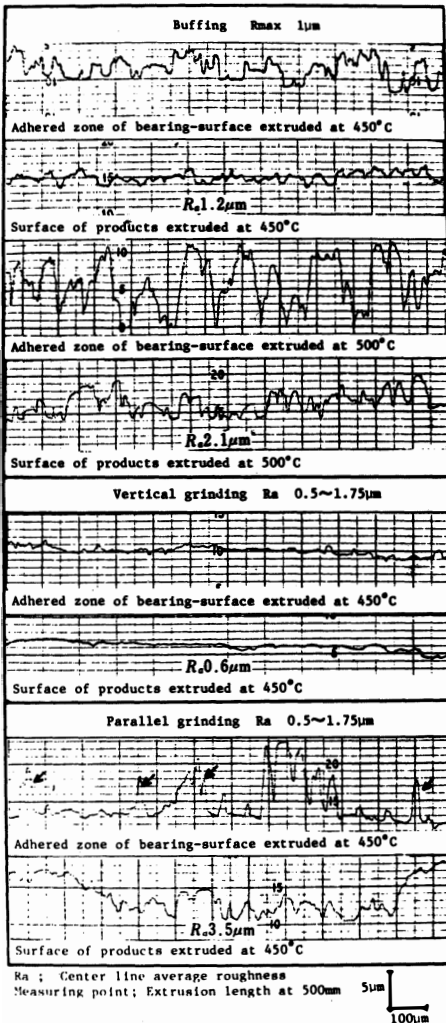


図5 押出加工後のダイベアリング面と加工材の表面記録

順位となる。最も悪い平行研削では矢印のような鋭い突起が見られ、これは押出方向に並んだ研削面の凸部上の帯状付着物の記録であると思われる。また、平行研削と類似した凹凸を示すバフ研摩した500°C押出しのダイベアリング面は平行研削に比較してあらかし曲線の凹凸の程度は大きく連続したとっ起部がみられる。したがって、ダイベアリング面へのビレット材料の付着状態は以下のように考察できる。加工温度が高くなれば材料の変形抵抗が低下して工具面上で粘性付着になりやすく、ベアリング面入口の付着物は押出方向に伸びた状態のとっ起物となる。一方、加工温度が低ければ付着はベアリング面の出入口には関係なく、ベアリング面上に均一分散した付着状態となり、なめらかな付着面となる。また、付着状態に及ぼす工具面のあらさとの影響を調べると、垂直研削面では谷部を埋め込んだ付着状態となるので、バフ研摩に比べて付着が固定された状態となり、これがなめらかな加工材を得る原因となる。しかし平行研削面では、付着は突起した帯状となり、付着していないベアリング面谷部もそのまま残るので加工材表面は著しくあらい凹凸状態となる。

#### 2-4 ベアリング長さの影響

図6は、ベアリング長さがほとんど0であるナイフ状と1mm, 3mm, 5mm長さに調整して押出し加工を行い、押出し所要圧力を比較した結果である。押出し圧力は加工前のベアリング長さが大きければ上昇するが、この原因はベアリング面へのビレット材料の付着長さSの増加によることは明らかである。なお、このような手法は現在アルミサッシの押出しの際、ダイから型材が均一に流出するようにベアリング面と材料面間の摩擦抵抗の調整に役立っている。そして図6で示した押出し圧力の増加は、ほぼ直線的な関係で上昇し、長さ1mmから5mmになると約20%の圧力増加となる。また、このときベアリング面では加工エネルギーが熱エネルギーに変り温度上昇が考えられるので、図7ではベアリング長さの増加が加工材の表面あらさに及ぼす影響も調べ、さらにその原因は図8に示したベアリング面の観察によって検討した。図7ではベアリング長さ1mmから5mmになると加工材の表面はわずかあらくなる傾向が見られるが、ほぼ0にしたエッジ状のベアリングでは逆にあらい加工材表面となる。それでこの原因を図8によって検討したところ、エッジ状の場合、付着物はベアリング面の逃げ部境界で鎖線状に連った不安定な付着となることからあらい表面になることがわかる。一方、5mm長さのベアリング面では押出圧力の上昇は発熱現象となるため、付着は押出方向に伸びた状態となり、これはさきの図3(b)に示した500°C押出しにみられた付着物の伸び効果に類似している。

#### 3-5 表面あらさの生成機構モデル

一般に、アルミニウム合金の熱間押出加工においては、工具と材料面間の潤滑効果はほとんど期待

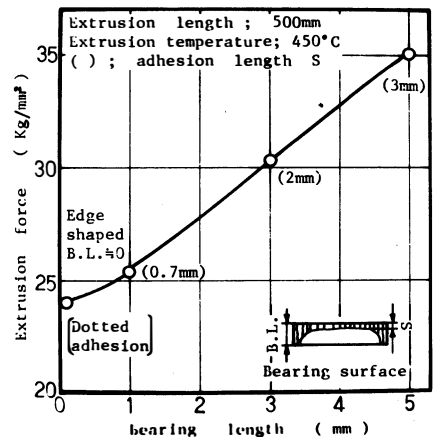


図6 押出圧力に及ぼすベアリング長さの影響

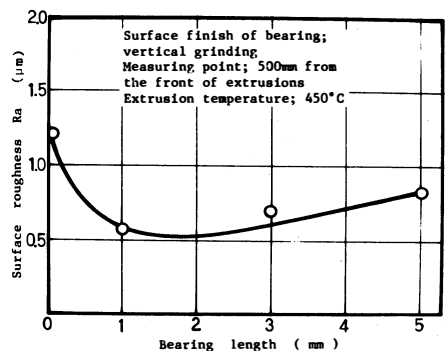


図7 加工材の表面あらさに及ぼすベアリング長さの影響

できないので、本実験で得られた各節の結果をまとめると、加工材の表面あらさにはベアリング工具面の工学的な拘束が大きく影響すると考えられる。図9に示した摩擦モデルの(a)列は、工具と素材の接触開始時で境界面に素材が工具面へ付着を生じる。この時均一で薄膜状の付着であればなめらかな加工材が得られるが、不均一でしかも加工方向に伸びた帯状付着ではあらい加工材となる。同図の(b)列は付着が安定になった押出進行時である。美麗な加工材を得るために工具面上になめらかに付着した薄膜となるか、または研削面の谷部を埋めて付着を促進する垂直研削面が良好であることがわかる。なお、このような工具と材料面間で付着を伴う界面現象は一見、切削加工における構成刃先による加工面性状と類似しているが、熱間押出加工では素材がベアリング面に脱落しないで固定した薄膜状の付着面が最もなめらかな加工材を得られ、バフ研摩したような平たんな工具面および平行研削面では付着が脱落しやすく、垂直研削面よりあらい加工材表面となる。

## 結 言

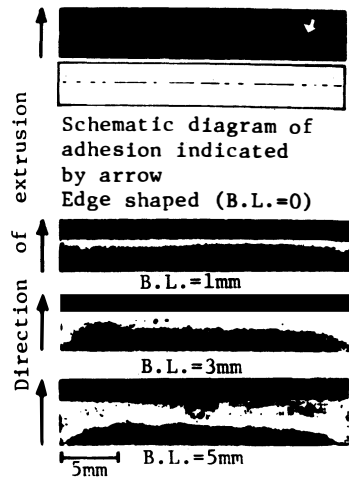
本報では、試作した分割ダイを用いて、加工材と工具面の直接観察を行い、加工中における工具面と材料表面の変化を比較して、摩擦機構を検討した結果を要約すれば

(1) 加工材の表面あらさは、加工中のベアリング面にピレット素材が付着する状態によって著しく異なり、美麗な加工材を得るには平滑な付着面とならねばならない。

(2) 付着状態は、ベアリングの仕上げ条件によって異なり、押出し方向に垂直研削したベアリング面の付着は、平行研削やバフ研摩に比較して平滑な付着となるが、なかでも平行研削面ではとっ起付着となって最も悪く、バフ研摩面では斑点付着となる。

(3) ベアリング長さが大きくなれば、ピレット材の付着領域が広がって押出し圧力も大きくなり、加工材の表面あらさは大きくなるが、ベアリング長さが約0のエッジ状の場合、付着は鎖線状になるため加工材の表面はかえってあらくなる。

(4) 押出し加工温度が高くなれば、加工材の表面はあらくなる。これはピレット素材がベアリング面で押出し方向に塑性流動を生じて帯状付着となり、あらい凹凸面を生成するからである。



Extrusion temperature ; 450°C  
 White areas represent adhered zone  
 Surface finish of die bearing ;  
 $R_a = 0.5 \mu m$ , vertical grinding

図8 付着状態のベアリング長さによる変化

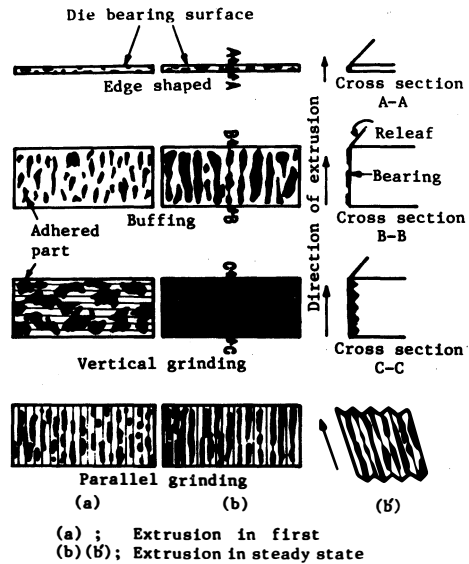


図9 熱間押出しにおけるダイベアリングの仕上条件による加工材表面あらさの生成機構モデル

黒色；付着部分、矢印；押出方向

おわりに、本実験の遂行にあたりご協力をいただいた及部知行君(現在三協アルミニウムK.K) 深く感謝の意を表します。

### 参 考 文 献

- 1) A.J.Bryant : Z .Metallkde., 62, 10(1971)701.
- 2) M. Bauser and G.Fees : ibid., 62, 10(1971)705.
- 3) K. Ashcroft and G.S. Lawson : J. Inst. Metals, 89, 6 (1961)369.
- 4) V.Z. Zaharov and L.P. Klygmn : Cvetnye Metall, 37, 3 (1964)70.
- 5) 例えば工藤英明, 高橋裕男, 篠崎吉太郎, 田中英司: 前方押出加工におけるダイス角度の影響, 日本機械学会誌, 67, 542(1964)392.
- 6) 堀茂徳, 時沢貢, 室谷和雄: アルミニウムおよび6063合金鋳塊の熱間押し出し性の加工圧力とメタルフローの検討, 軽金属, 21, 8 (1971)520.
- 7) 堀茂徳, 時沢貢, 室谷和雄: アルミニウムおよび6063合金鋳塊の組織と熱間押し出し過程, 軽金属, 21, 8 (1971) 529.

## On the Formation Process of Surface Roughness of Products in Hot Extrusion

### — Effects of Bearing Surface Roughness and Bearing Length —

Kazuo MUROTANI, Mitsugu TOKIZAWA

A method of the direct observation of contact condition at the tool-metal interface is developed by means of the special designed extrusion tool with which the tool-metal interface can be easily split. The effects of the extrusion conditions —the length and the surface finish of die bearing and extrusion temperature— on the surface formation products are examined, and the better conditions reducing the friction between the metal and the tool surface and producing the smooth products, are investigated.

(1977年10月20日受理)